

# Роль критически важных сырьевых материалов в экономике США

В.Б. Кондратьев

Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова  
Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

✉ [v.b.kondr@imemo.ru](mailto:v.b.kondr@imemo.ru)

**Резюме:** Экономика США и особенно ее обрабатывающая промышленность сильно зависят от поставок сырьевых товаров и полуфабрикатов. Несмотря на то что страна обладает обширными минеральными ресурсами и является глобальным производителем материалов, достаточно большие объемы многих материалов, критически важных для обрабатывающего сектора, США импортируют. Так называемые критически важные материалы являются важнейшей частью высокотехнологичных товаров, таких как мобильные телефоны, компьютеры, плоские мониторы, солнечные панели, батареи, кондиционеры и оборонные технологии. Критические минералы играют существенную роль в американской национальной безопасности, возобновляемых источниках энергии и инфраструктуре. В статье представлен обзор тенденций рисков предложения полезных ископаемых и существенных факторов, определяющих риски цепочек поставок минеральных ресурсов.

**Ключевые слова:** критически важные минералы, национальная безопасность, обрабатывающая промышленность, высокотехнологичные отрасли, глобальные цепочки поставок

**Для цитирования:** Кондратьев В.Б. Роль критически важных сырьевых материалов в экономике США. *Горная промышленность*. 2022;(5):121–130. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-5-121-130>

## The Role of Critical Raw Materials in US Economy

V.B. Kondratiev

Institute of World Economy and International Relations of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉ [v.b.kondr@imemo.ru](mailto:v.b.kondr@imemo.ru)

**Abstract:** The U.S. economy and especially its manufacturing sector, is highly dependent on the supply of raw and semi-finished materials. While the United States have extensive mineral resources and are a leading global materials producer, a high percent of many materials that are critical to U.S. manufacturing are imported. The so-called critical minerals are central to the manufacture of a wide range of high-tech products. These include mobile phones, computers, flat-screen monitors, solar panels, rechargeable batteries, air conditioners and defense industry technologies and products. Critical minerals play a significant role in USA national security, renewable energy development and infrastructure. The article provides an overview of trends in mineral supply risks and the critical factors that determine the mineral supply chain risks.

**Keywords:** critical minerals, national security, manufacturing, high-tech industries, global supply chains

**For citation:** Kondratiev V.B. The Role of Critical Raw Materials in US Economy. *Russian Mining Industry*. 2022;(5):121–130. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-5-121-130>

### Введение

Критически важные полезные ископаемые обеспечивают основу многих современных технологий и имеют важное значение для национальной безопасности и экономического процветания многих стран, в том числе США. Такие минералы, как редкоземельные элементы, литий и кобальт можно найти в производстве разнообразных товаров – от компьютеров до бытовой техники. Они также являются ключевыми элементами экологически чистых энергетических технологий, таких как аккумуляторы, электромобили, ветряные турбины и солнечные батареи.

По мере перехода мира к экономике экологически чистой энергии глобальный спрос на эти важнейшие минералы возрастет на 400–600% в течение следующих нескольких десятилетий, а спрос на такие минералы, как литий и графит, используемые в батареях электромобилей (EV), возрастет еще больше – на 4000% [1].

США все в возрастающей степени зависят от иностранных источников многих из этих минералов. В глобальном масштабе Китай контролирует большую часть рынка кобальта, лития, редкоземельных элементов и других важнейших полезных ископаемых.

В этой связи в США в последнее время появился ряд исследований, посвященных оценкам уязвимости в цепочках поставок важнейших минералов и материалов. Результаты этих исследований показали, что чрезмерная зависимость США от иностранных источников и враждебных стран в отношении важнейших полезных ископаемых и материалов представляет угрозу для национальной и экономической безопасности.

В дополнение к работе с партнерами и союзниками по диверсификации устойчивых источников материалов в отчетах рекомендовалось расширять внутреннюю добычу, производство и переработку критически важных минералов и материалов.

**Критически важные материалы**

Геологическая служба США в марте 2022 г. опубликовала новый список из 50 полезных ископаемых, имеющих решающее значение для экономики и национальной безопасности США. Список критических полезных и важных ископаемых на 2022 г. был определен с использованием самых современных научных методов оценки критичности полезных ископаемых.

Новый список содержит на 15 сырьевых товаров больше по сравнению с первым национальным списком критических минералов, созданным в 2018 г. Увеличение числа минералов в новом списке является результатом разделения редкоземельных элементов и элементов платиновой группы на отдельные позиции. Кроме того, в список важнейших минералов на 2022 г. добавлены никель и цинк, но исключены гелий, калий, рений и стронций.

Новый список был создан на основе директив Закона об энергетике от 2020 г., в котором указано, что не реже одного раза в три года Министерство внутренних дел должно пересматривать и обновлять список критически важных полезных ископаемых, обновлять методологию выделения, организовывать общественное обсуждение результатов исследований.

Закон об энергетике 2020 г. определяет «критический минерал» как нетопливный минерал или минеральный материал, необходимый для экономической или национальной безопасности США, цепочка поставок которого может быть однажды нарушена. Критические полезные ископаемые также характеризуются как выполняющие важную функцию в производстве товара, отсутствие которого имело бы серьезные последствия для экономики или национальной безопасности страны. Список важнейших полезных ископаемых на 2022 г., хотя и «окончательный», не предназначен для постоянного обозначения важности полезных ископаемых, а будет представлять собой динамический список, периодически обновляемый для представления текущих данных о предложении, спросе, концентрации производства и текущих приоритетах политики.

«Критичность минералов не статична, а меняется со временем», – сказал С.М. Фортиер, директор Национального информационного центра по минералам Геологической службы США. «Список важнейших полезных ископаемых на 2022 г. был создан с использованием самых последних доступных данных о нетопливных полезных ископаемых. Тем не менее мы всегда анализируем рынки полезных ископаемых и разрабатываем новые методы для определения различных и меняющихся рисков цепочки поставок критически важных полезных ископаемых.»<sup>1</sup>

За последние несколько десятилетий (1990–2019 гг.) США стали все больше зависеть от иностранных источников растущего числа полезных ископаемых для удовлетворения внутреннего спроса. В сочетании с недавними тенденциями к постепенной концентрации поставок полезных ископаемых из ограниченного количества стран эта повышенная зависимость от импорта может увеличить риск для экономики и национальной безопасности Соединенных Штатов.

В данной статье представлен подробный обзор тенденций этих рисков предложения полезных ископаемых и существенных факторов, определяющих риски цепочек поставок минеральных ресурсов.

**Значение критически важных материалов**

От инфраструктуры и транспорта до связи и здравоохранения Соединенные Штаты зависят от надежных поставок нетопливных полезных ископаемых, имеющих решающее значение для их экономики и национальной безопасности. По мере развития технологий зависимость от критически важных полезных ископаемых, вероятно, будет продолжать расти. Однако существуют серьезные опасения относительно надежности поставок некоторых из этих полезных ископаемых [2].

Сбои в поставках полезных ископаемых могут быть вызваны различными факторами, включая стихийные бедствия, забастовки, гражданские беспорядки, торговые споры, международные конфликты, действия правительства, аварии на шахтах, корпоративные банкротства и другие. Вероятность и последствия любого из этих типов событий, вызывающих серьезные перебои в поставках, усугубляются, когда значительная часть мирового производства сосредоточена в одной стране или небольшом географическом регионе.

Таким образом, опасения по поводу надежности поставок часто возникают из-за того, что добыча и переработка многих полезных ископаемых в значительной степени сконцентрированы лишь в нескольких странах. Например, тантал и кобальт добываются преимущественно в Демократической Республике Конго (ДР Конго), ниобий – в Бразилии, металлы платиновой группы (МПГ) – в Южной Африке, а многие другие полезные ископаемые – в Китае и других странах<sup>2</sup>.

Концентрация добычи и производства многих полезных ископаемых заметно возросла за последние несколько десятилетий. Как отмечают эксперты, эта тенденция отражает изменения в глобальном спросе на материалы, сравнительные преимущества в производстве (например, производство алюминия за счет дешевой энергии в Объединенных Арабских Эмиратах) или государственную политику по обеспечению внутренних поставок стратегических материалов (например, бериллия в США) [3].

Возможно, самым заметным глобальным сдвигом стало увеличение производства полезных ископаемых в Китае. Так, доля Китая в мировом производстве и переработке полезных ископаемых заметно выросла с 1990 г. для многих полезных ископаемых, включая алюминий, висмут, рафинированный кобальт, галлий, свинец, магnezит, металлический магний, ртуть, редкоземельные элементы (РЗЭ), кремний, сталь, титан, ванадий и цинк<sup>3</sup>.

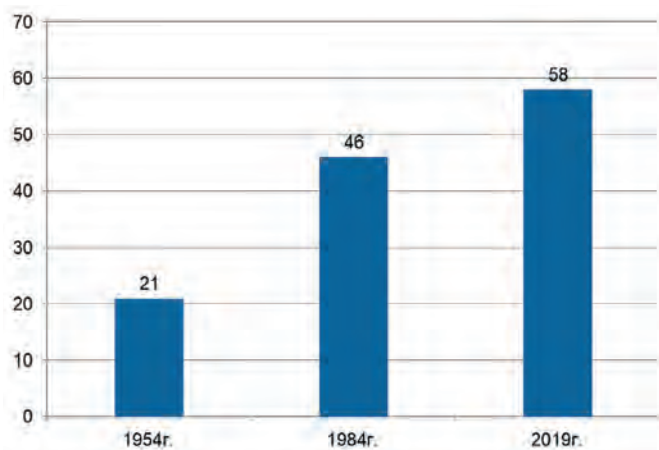
<sup>2</sup> U.S. Geological Survey, 2022, Mineral commodity summaries 2022.

<sup>3</sup> Investigation of U.S. Foreign Reliance on Critical Minerals – U.S. Geological Survey Technical Input Document in Response to Executive Order No. 13953 Signed September 30, 2020.

<sup>1</sup> CRITICAL MINERALS2022 List of Critical Minerals. Homeland Security News Wire. 11 March 2022

Рост концентрации добычи и производства в ограниченном числе стран сопровождался увеличением зависимости от импорта полезных ископаемых из-за рубежа для многих промышленно развитых стран, включая Соединенные Штаты. Национальный информационный центр по минералам Геологической службы США (USGS) на протяжении многих десятилетий отслеживает чистую зависимость США от импорта (NIR). NIR рассчитывается как количество импортируемых материалов за вычетом экспорта и изменений в государственных и отраслевых запасах и выражается в процентах от внутреннего потребления<sup>4</sup>. Например, NIR составляет 100%, когда все потребление минерального сырья в Соединенных Штатах основано на иностранных источниках и нет внутреннего производства или чистых корректировок запасов. Напротив, когда производство минерального сырья в США превышает внутреннее потребление, Соединенные Штаты являются нетто-экспортером, а NIR равен нулю.

На рис. 1 показано, что количество полезных ископаемых, чистый импорт которых в Соединенных Штатах составляет не менее 25%, увеличилось с 21 в 1954 г. до 58 полезных ископаемых в 2019 г.



**Рис. 1**  
Число минеральных ресурсов, по которым зависимость США от импорта составляет более 25%

Источник: Investigation of U.S. Foreign Reliance on Critical Minerals – U.S. Geological Survey Technical Input Document in Response to Executive Order No. 13953 Signed September 30, 2020

**Fig. 1**  
The number of minerals for which the US is more than 25% dependent on imports

Source: Investigation of U.S. Foreign Reliance on Critical Minerals – U.S. Geological Survey Technical Input Document in Response to Executive Order No. 13953 Signed September 30, 2020

Это увеличение NIR обусловлено несколькими факторами, которые во многом схожи с теми, которые привели к росту концентрации добычи полезных ископаемых (то есть сравнительные преимущества и государственная политика).

Соединенные Штаты импортируют минеральное сырье из многих стран мира. Изучение собранных данных и их анализ, проведенный американскими экспертами, показывает, что США импортировали полезные ископаемые из более чем 100 стран мира в последние годы (2007–2016 гг.)<sup>5</sup>.

Хотя большая часть объема и стоимости этой торговли приходится на небольшую группу региональных торговых партнеров США, таких как Канада, важно изучить источники поставок минерального сырья по отдельным его видам, их объемам и стоимости.

Источники потребляемых в США полезных ископаемых сгруппированы по трем категориям: внутренние источники и страны-партнеры, страны с нерыночной экономикой и все остальные страны. В этом анализе «страны-партнеры» включают страны, с которыми Соединенные Штаты имеют действующее соглашение о безопасности поставок: Австралия, Канада, Финляндия, Италия, Нидерланды, Норвегия, Испания, Швеция и Великобритания. Страны с нерыночной экономикой определены Министерством торговли США для целей применения законов страны об антидемпинговых и компенсационных пошлинах: Армения, Азербайджан, Беларусь, Китай, Грузия, Кыргызская Республика, Молдова, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан и Вьетнам<sup>6</sup>.

В целом этот анализ показывает, что Соединенные Штаты получали материалы для большей части своего потребления бериллия, бора, гелия, золота, молибдена, калия, циркония и других полезных ископаемых из внутренних источников и стран-партнеров. Напротив, значительная часть редкоземельных элементов, висмут и, в меньшей степени, мышьяк, сурьма, индий, германий, галлий и тантал, которые потреблялись в США, были получены из стран с нерыночной экономикой, преимущественно из Китая.

Остальными источниками потребляемых США полезных ископаемых были другие страны (из третьей категории), такие как плавиковый шпат и стронций из Мексики, рений из Чили и хром из ЮАР.

Для некоторых минеральных ресурсов импорт США может быть преимущественно получен из одной страны. Например, большая часть импорта калия в Соединенные Штаты приходится на Канаду, а большая часть импорта фосфатов – на Перу.

Важно отметить, что высококонцентрированный импорт, как и высококонцентрированное производство, сам по себе может не вызывать рисков. Например, высококонцентрированный импорт от надежного торгового партнера может быть более выгодным, чем умеренно концентрированный импорт из нескольких менее надежных торговых партнеров.

При анализе NIR США важно учитывать несколько дополнительных факторов. Три из этих факторов – косвенная торговая зависимость, встроенная торговая зависимость и иностранное владение минеральными активами и операциями. Статистические данные о странах-источниках импорта, представленные Геологической службой США, обычно указывают страну происхождения, в которой материал был добыт или изготовлен. Однако, как отмечает Бюро переписи населения США, «в тех случаях, когда невозможно определить страну происхождения, операции зачисляются на страну отгрузки»<sup>7</sup>. В таких случаях товар может пройти через одну или несколько стран в соответствии с одним и тем же кодом Гармонизированной тарифной сетки (HTS) до ввоза в Соединенные Штаты, но импортная операция будет зачтена только стране последней отгрузки.

Примером может быть транзитная сделка, при которой минеральное сырье было просто выгружено, а затем повторно отправлено, или оно могло пройти обработку с добавленной стоимостью, не претерпев достаточного из-

<sup>6</sup> International Trade Administration, 2020, Countries currently designated by Commerce as non-market economy countries, accessed October 15, 2020. Available at: <https://www.trade.gov/nme-countries-list>

<sup>7</sup> U.S. Census Bureau, 2020a, Guide to Foreign Trade Statistics, accessed October 15, 2020. Available at: <https://www.census.gov/foreign-trade/guide/sec2.html#country>

<sup>4</sup> Ibid.

<sup>5</sup> U.S. Geological Survey, 2022, Mineral commodity summaries 2022



менения, чтобы его можно было реклассифицировать под новым кодом HTS.

Независимо от причины, в этом примере подчеркиваются обстоятельства, при которых страна происхождения и, в свою очередь, истинная зависимость могут быть скрыты. Кроме того, когда минеральный продукт значительно изменен, так, что он классифицируется по другому коду HTS, первоначальный источник добытого минерального продукта не может быть легко идентифицирован. Например, первоначальный источник рафинированного кобальтового сырья, импортированного из Китая, хотя оно, вероятно, происходит из кобальта, добытого в ДР Конго, – однозначно определить невозможно. Установление первоначального источника материала, а также любой промежуточной обработки требует дальнейшего расследования.

Еще один фактор, который может скрывать истинную зависимость страны от импорта, заключается в том, что некоторые полезные ископаемые, полученные из другой страны, включены в состав импортируемых готовых изделий и полуфабрикатов. Неодим и другие РЗЭ, например, импортируются в виде постоянных магнитов в составе жестких дисков и других готовых изделий.

Точно так же минеральное сырье, первоначально полученное в других странах, может быть импортировано в составе встроенных компонентов автомобилей, телевизоров, мобильных телефонов, бытовой техники, медицинских устройств и других товаров или может быть использовано для производства готовой продукции. Встроенное содержание импорта, как правило, не учитываемое при стандартном анализе NIR, может приводить к значительному искажению истинной чистой зависимости от импорта.

Учет этих встроенных потоков может подчеркнуть риски подверженности перебоям в поставках из-за рубежа для производителей, расположенных в нисходящих сегментах цепочек поставок или, в случае готовой продукции, для конечных пользователей. При этом также может быть определен иной набор стран-источников для встроенного импорта, чем для импорта сырья.

Третий фактор, который следует учитывать при рассмотрении NIR США, – это иностранное владение минеральными активами и операциями. Бывают случаи, когда месторождения полезных ископаемых или операции по их добыче и переработке частично или полностью принадлежат и (или) контролируются иностранными компаниями, имеющими тесные связи с их правительствами.

Например, китайские фирмы приобрели доли в месторождениях и операциях по производству лития в Австралии и Чили, по добыче ниобия в Бразилии, месторождениях редкоземельных элементов в Гренландии и операциях по добыче кобальта в Демократической Республике Конго, Папуа-Новая Гвинея и Замбии<sup>8</sup>. Исследуя инвестиции Китая в кобальтовые активы по всему миру, эксперты обнаружили, что, если принять во внимание владение китайскими компаниями иностранными активами на основе акционерного капитала, доля Китая в мировом производстве кобальта увеличивается с 2 до 14% для кобальтовых рудников и с 11 до 33% для кобальтовых промежуточных материалов [4].

Китайские фирмы не единственные, кто нацеливается на иностранные минеральные активы. Многие иностранные месторождения принадлежат и (или) управляются аме-

риканскими, австралийскими, британскими, канадскими, японскими, корейскими и швейцарскими компаниями со штаб-квартирами в других странах. Однако нацеливание китайских фирм на активы и операции по добыче кобальта, лития и ниобия может уменьшить подверженность Китая перебоям с поставками из-за рубежа, учитывая, что эти три вида минерального сырья являются одними из немногих, по которым Китай не имеет достаточных внутренних запасов для удовлетворения внутреннего потребления.

Это товары, по которым США также не имеют достаточных внутренних запасов. Набор полезных ископаемых, по которым Китай и Соединенные Штаты могут столкнуться с потенциальными перебоями в поставках, был выделен в исследовании [5]. Так, по молибдену США и Китай являются нетто-экспортерами. Что касается таких материалов, как РЗЭ, индий, теллур, рафинированные материалы кобальта и несколько других полезных ископаемых, то Соединенные Штаты в значительной степени зависят от импорта этих полезных ископаемых, а Китай – нет. Напротив, по бериллию, селену и некоторым другим полезным ископаемым у Китая нет достаточных запасов для удовлетворения внутреннего потребления этих полезных ископаемых, но есть у США.

Еще одна группа материалов (палладий, платина, ниобий, титан, тантал, хром), чистый импорт которых в США и Китае составляет более 50%. Таким образом, подпадающие под эту категорию полезные ископаемые – это те, запасы которых ни в США, ни в Китае не достаточны для удовлетворения хотя бы половины их соответствующего внутреннего потребления. Эта параллельная зависимость может, в свою очередь, привести к глобальной конкуренции, поскольку страны пытаются обеспечить поставки этих полезных ископаемых для своих собственных производственных секторов.

При стандартном анализе NIR сырьевые товары, чистым экспортером которых являются Соединенные Штаты, получают NIR, равный нулю. Однако Соединенные Штаты как нетто-экспортер минерального сырья не обязательно устойчивы к сбоям в цепочке поставок минерального сырья. В некоторых случаях США могут быть экспортером или почти чистым экспортером, но обладать только одним или двумя внутренними производителями (например, бора, бериллия, кадмия и селена). Если изменения рыночных условий или других факторов затруднят дальнейшую работу этих производителей, то страна может стать полностью зависимой от чистого импорта этих полезных ископаемых.

В отношении некоторых видов минерального сырья внутреннее производство полезных ископаемых сокращается, так что США больше не являются или скоро перестанут быть их нетто-экспортером. Например, США были нетто-экспортером глинозема до 2016 г. В условиях сокращения внутреннего производства в последние несколько лет Соединенные Штаты импортируют (по состоянию на 2019 г.) более половины своего годового потребления этого материала<sup>9</sup>.

Еще один важный фактор, который следует учитывать, – это последующая обработка сырья. США могут быть нетто-экспортером минерального сырья в виде руд и концентратов, но из-за отсутствия мощностей по переработке могут по-прежнему оставаться нетто-импортером обога-

8 S&P Global Market Intelligence, 2020, Metals and mining database, accessed October 15, 2020. Available at: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/campaigns/metals-mining>

9 Investigation of U.S. Foreign Reliance on Critical Minerals – U.S. Geological Survey Technical Input Document in Response to Executive Order No. 13953 Signed September 30, 2020.

ценного или конечного продукта. Это относится, например, к РЗЭ, цинку и цирконии. Таким образом, важно изучить всю цепочку поставок минерального сырья, чтобы определить, какие формы и этапы обработки могут быть наиболее подвержены или уже подвержены перебоям в поставках.

### Стратегии снижения зависимости от чистого импорта

Для снижения NIR США (или любой другой страны) могут быть реализованы различные стратегии. Такие стратегии включают увеличение внутреннего первичного и вторичного (рециклирование) производства; диверсификацию и укрепление глобальных цепочек поставок для устранения узких мест; обеспечение поставок от надежных партнеров посредством договоров поставки и более тесных торговых связей; разработку альтернативных материалов с меньшим риском поставок, которые в значительной степени независимы от цепочек поставок рассматриваемого минерального сырья; поддержание стратегических запасов; использование меньшего количества полезных ископаемых за счет экономии материалов; использование усовершенствованных производственных технологий, таких как аддитивное производство (например, 3D-печать), которые могут уменьшить количество образующихся отходов и, следовательно, количество необходимого минерального сырья.

Эти и другие инициативы определены как «призывы к действию» в рамках федеральной стратегии под названием «Федеральная стратегия обеспечения безопасных и надежных поставок критически важных полезных ископаемых»<sup>10</sup>, которая в настоящее время реализуется различными учреждениями федерального правительства США и координируется Подкомитетом по критически важным минералам Национального совета по науке и технологиям США.

Эти стратегии могут быть средством снижения NIR и риска нарушения цепочки поставок. Насколько эффективна каждая из этих стратегий в снижении NIR, зависит от характера минерального сырья. Более того, каждая из этих стратегий имеет сильные стороны, но также и существенные ограничения. Например, способность заменителей снижать NIR (и общий риск поставки) может быть ограничена, поскольку хорошими заменителями являются полезные ископаемые, обладающие схожими химическими и физическими свойствами и, следовательно, обычно находящиеся в одних и тех же рудных месторождениях [6].

Так, в некоторых случаях совместно производимые металлы платиновой группы часто могут заменять друг друга, а также никелем, с которым они иногда производятся в качестве побочного продукта. Аналогичным образом совместно производимые редкоземельные элементы могут заменять друг друга в определенных товарах, (например, теллур и селен; кобальт и никель; тантал и ниобий). Замена совместно производимых полезных ископаемых может создать (или усугубить существующие) несоответствия спроса и предложения, если спрос на одно из совместно производимых полезных ископаемых требует перепроизводства другого из-за их относительных пропорций в исходных рудных месторождениях. Например, удовлетворение будущего спроса на диспрозий может привести к совместному производству церия и других РЗЭ сверх прогнозируемого спроса [7].

Другие стратегии сокращения NIR имеют свои специфические проблемы (например, низкие уровни сбора препятствуют вторичной переработке отходов, а отсутствие соответствующих геологических знаний препятствует разработке полезных ископаемых). Одна из основных проблем при оценке стратегий по сокращению NIR заключается в том, что каждая цепочка поставок минерального сырья уникальна и сложна.

То, что применимо к одной цепочке поставок, может оказаться неприменимо к другой. Более того, со временем цепочки поставок меняются, будь то из-за истощения существующих месторождений, открытия новых ресурсов и методов добычи, спроса на материалы, используемые в новых технологиях, или в результате изменений в использовании материалов в существующих технологиях добычи и производства.

Цепочки поставок зависят не только от технических факторов, но также от глобальных рыночных сил. Со временем затраты и баланс спроса и предложения меняются, в результате чего шахты и заводы либо запускаются, расширяются, либо простаивают или закрываются. Следовательно, рыночные действия или политические решения, направленные на достижение конкретных целей, могут быть более сложными, чем это предполагается изначально.

В дополнение к рассмотренному ранее примеру замены совместно произведенного минерального сырья могут возникнуть случаи, когда материал-заменитель имеет свои собственные проблемы в цепочке поставок. Исторический пример этого относится к разработке постоянных магнитов из редкоземельных металлов.

В 1970-х годах были разработаны самариево-кобальтовые (SmCo) постоянные магниты. Несмотря на их превосходные характеристики по сравнению с другими постоянными магнитами, доступными в то время, их внедрение в промышленность было относительно медленным. Одной из проблем в то время была стабильность поставок кобальта из страны, известной тогда как Заир (теперь Демократическая Республика Конго) [8]. Эти опасения оправдались в 1977 и 1978 гг., когда повстанцы из соседней Анголы вторглись в район Катанга и заняли важный шахтерский город Колвези. Это привело к панике на рынке кобальта, так что цена на кобальт выросла с 8,8 долл. за 1 кг в 1975 г. до чуть менее 12 долл. за килограмм в конце 1977 г. и до 55 долл. за 1 кг в начале 1979 г., а спотовые цены дилеров выросли до 99 долл. за килограмм.

В 1983 г. инженеры General Motors Co. (и одновременно Sumitomo Special Metals Co., Ltd. в Японии) разработали альтернативу постоянным магнитам SmCo: неодим-железо-бор (NdFeB) – постоянные магниты. Эти постоянные магниты имели несколько преимуществ по сравнению с SmCo и позволили избежать использования кобальта.

В 1986 г., желая сосредоточиться на своей основной деятельности, General Motors Co. создала дочернюю компанию Magnequench для производства магнитов NdFeB. В 1995 г. некая инвестиционная группа приобрела эту дочернюю компанию. В то время было неизвестно, что инвестиционную группу поддерживали китайские компании, имеющие тесные связи с правительством Китая [9]. Комитет по иностранным инвестициям в Соединенных Штатах одобрил продажу дочерней компании при условии, что производственные мощности останутся в стране в течение определенного периода времени. Однако по истечении этого периода компания закрыла свои производственные мощности в США и сосредоточила свою деятельность в Китае.

<sup>10</sup> U.S. Department of Commerce, 2019, A federal strategy to ensure secure and reliable supplies of critical minerals: Washington, D.C., U.S. Department of Commerce. Available at: [https://www.commerce.gov/sites/default/files/2020-01/Critical\\_Minerals\\_Strategy\\_Final.pdf](https://www.commerce.gov/sites/default/files/2020-01/Critical_Minerals_Strategy_Final.pdf)

В это время (2002 г.) единственный производитель редкоземельных элементов в США приостановил свою деятельность на руднике Маунтин-Пасс. Производство же редкоземельных элементов в Китае продолжало расти и вскоре стало крупнейшим в мире. В 2010 г. инцидент между китайским рыболовным судном и японским прибрежным патрулем привел к угрозам со стороны Китая прекратить поставки редкоземельных элементов на мировые рынки. Эти угрозы вновь привлекли внимание и напомнили о необходимости найти материалы-заменители редкоземельных постоянных магнитов. Кроме того,

с развитием электромобилей появился новый интерес к сокращению или отказу от использования кобальта в литий-ионных батареях, отчасти из-за его преобладающих поставок из ДР Конго.

Дальнейшее изучение каждой из рассмотренных стратегий может выявить их потенциальную эффективность, а также непредвиденные последствия их применения.

Степень зависимости от импорта важнейших минеральных ресурсов, тенденции их потребления и проблемы с поставками приведены в таблице.

**Таблица**  
**Критически важные для США сырьевые ресурсы**

**Table**  
**Raw material resources critically important to the US**

Вид минерального сырья	Зависимость от импорта	Особенности использования и тенденции поставок
1. Бериллий	11% Соединенные Штаты являются ведущим мировым производителем бериллия и его нетто-экспортером. Однако только одна компания добывает и перерабатывает бериллий внутри страны. Малое число стран производят бериллий	Производство бериллия в США за последнее десятилетие было стабильным. Китайское производство удвоилось. Бериллий имеет решающее значение для оборонной промышленности и не может быть заменен на другие материалы. Были приняты законодательные меры для обеспечения внутренних поставок бериллия, и он хранится в запасах национальной обороны
2. Алюминий	13% Внутренняя цепочка поставок для производства алюминия полностью зависит от импорта бокситов, которые в основном поставляются из Ямайки, Бразилии и Гвинеи. Зависимость от импорта высока как для глинозема (Бразилия и Ямайка), так и алюминия (Канада)	Электросети, строительство, электроника
3. Цирконий	25% Минералы циркония добываются в Соединенных Штатах. Две компании производят металлический цирконий. США не производят все формы циркония, некоторые из них в основном производятся в Китае	Производство высокотемпературной керамики. Новый лом может быть переработан внутри страны. Исследования более экономичных способов производства некоторых форм циркония могут стимулировать отечественное производство
4. Палладий	40% На ЮАР и Россию приходится по одной трети мирового производства. В США функционируют 2 рудника и палладий очищается и перерабатывается внутри страны	Каталитические конверторы. Внутреннее производство США сократилось за последнее десятилетие, в то время как потребление оставалось в целом стабильным, что привело к росту зависимости от импорта
5. Германий	50% США полностью зависят от поставок первичного галлия из-за рубежа и в основном из одной страны, Китая. Импорт пластин из арсенида галлия также значителен и в основном из Китая	Оптоволокно, приборы ночного видения. За последнее десятилетие аффинаж галлия сосредоточился в одной стране – Китае. Спрос на галлий в пластинах для электроники расширился и вырос. Хотя внутренние первичные ресурсы вряд ли станут коммерческими, внутренняя переработка может стать в США источником некоторой части предложения. В настоящее время в стране проводятся разведка, исследования и другие действия для устранения рисков, связанных с поставками
6. Литий	50% Производство ключевых химических соединений лития, используемых в литий-ионных батареях, сосредоточено за пределами США	В последние годы Австралия значительно расширила свои производственные мощности по добыче лития. Китай также расширил свои производственные мощности по добыче лития и имеет наибольшую долю в мировом производстве обогащенного лития
7. Магний	50% Производство металлического магния в мире и в США в целом увеличилось за последнее десятилетие. Отливки из магния, в первую очередь для транспорта, выросли, как категория конечного использования и в настоящее время являются преобладающей сферой применения металлического магния	Внутренние ресурсы США велики. Переработка (рециклирование) обеспечивает значительную часть внутренних поставок
8. Никель	50% На единственном руднике в США добывалась никелевая руда, которая затем экспортировалась для переработки. Данные о переработанном производстве не являются общедоступными. США в значительной степени зависят от чистого импорта рафинированного металлического никеля и никелевых соединений, при этом Канада и Австралия являются основными поставщиками	Местный рудник, открытый в 2014 г., производит никелевую руду, которая экспортируется для плавки и переработки. Использование никеля в литий-ионных батареях в виде сульфата никеля в последние годы возросло. США имеют запасы никеля и перерабатывают его в форме ферроникеля для применения в металлургии. Многие страны добывают и перерабатывают никель и могут поставлять его в США



Вид минерального сырья	Зависимость от импорта	Особенности использования и тенденции поставок
9. Вольфрам	50% США полностью зависят от импорта первичного вольфрама и паравольфрамата аммония (АРТ). Импорт АРТ в США из Китая очень значителен	Вольфрам уже давно является важным минералом, особенно для оборонной промышленности (военные турбинные двигатели и броневой боеприпасы)
10. Барит	75% Внутреннее производство осуществляется на нескольких шахтах, что составляет лишь небольшую часть видимого потребления. США импортируют барит в основном из Китая, а также из Индии, Марокко и Мексики	Спрос на барит варьируется в основном в зависимости от спроса в нефтегазовой отрасли, поскольку основное направление его конечного использования – в качестве наполнителя бурового раствора для бурения скважин
11. Хром	75% США импортируют хромитовую руду и феррохром в основном из ЮАР. Металлический хром в основном импортируется из России. Эти формы хрома не производятся внутри страны	Производство хрома в США отсутствовало десятилетиями. Спрос на хром варьируется в зависимости от спроса на сплавы, особенно на нержавеющие стали и суперсплавы. Переработка стали, содержащей хром, удовлетворяет часть внутреннего спроса
12. Олово	75% США десятилетиями не добывали и не плавляли олово и не имеют запасов. Ни одна страна не доминирует в добыче этих полезных ископаемых, и Соединенные Штаты импортируют олово из многих разных стран	США производят олово из старого и нового лома.
13. Кобальт	76% Большая часть производства и вся переработка кобальта происходят за пределами США, которые полагаются на различные страны для удовлетворения потребительских нужд	ДР Конго продолжает оставаться крупнейшим мировым источником добываемого кобальта, а Китай доминирует в производстве рафинированного кобальта. Внутренние запасы и ресурсы США ограничены. Переработка лома составляет значительную часть потребления. В настоящее время проводятся разведка, исследования и другие мероприятия для устранения рисков поставок
14. Платина	79% ЮАР доминирует в мировом производстве, а Россия, Зимбабве и Канада также производят первичный металл	ЮАР в течение многих лет доминировала в мировом производстве металлов платиновой группы в основном потому, что она обладает крупнейшими в мире запасами МПГ. Глобальная нехватка поставок была связана с нехваткой электроэнергии и другими сбоями в Южной Африке
15. Сурьма	81% Внутренних месторождений сурьмы в США нет, и единственный производитель металла зависит от импорта сырья, содержащего сурьму. Китай является крупнейшим производителем добываемой и очищенной сурьмы и основным источником импорта для США	Мировое производство сурьмы в последнее десятилетие было относительно стабильным, при этом Китай, ведущий мировой производитель, терял долю рынка, а Россия, занимающая второе место в мире по ее производству, увеличивала свою долю на мировом рынке
16. Цинк	83% Хотя Соединенные Штаты являются нетто-экспортером добытой цинковой руды и концентратов, они в значительной степени зависят от импорта рафинированного цинка из-за ограниченного внутреннего производства аффинажных заводов. Импорт рафинированного цинка почти весь осуществляется из Канады и Мексики	Цинк является одним из базовых металлов, и тенденции на этом рынке существенно не изменились за последнее десятилетие
17. Титан	88% США являются нетто-импортером титановых концентратов, экспортером диоксида титана, импортером губчатого титана и экспортером титановых слитков. Многие страны производят концентраты титана, но лишь немногие производят металлический титан. В тройку крупнейших производителей титановой губки входят Китай, Япония и Россия	Спрос на металлический титан тесно связан с аэрокосмической отраслью, которая в 2020 г. пережила серьезный спад
18. Висмут	94% Висмут не добывается и не перерабатывается в США и в основном импортируется из Китая, ведущего мирового производителя	Внутренняя переработка висмута в настоящее время составляет менее 10 % внутреннего потребления США. Висмут содержится в свинцовых рудах, добываемых внутри страны, но перерабатываемых за пределами США
19. Теллур	95% Теллур добывают из медных руд и извлекают из шламов медных анодов. Китай производит более половины рафинированного теллура в мире, но США импортируют его в основном из Канады	Мировое производство теллура составляет от 500 до 600 метрических тонн в год. За последнее десятилетие Китай неизменно был его ведущим производителем. Спрос на солнечную, фотоэлектрическую энергию растет, и считается, что это основное конечное использование теллура

Вид минерального сырья	Зависимость от импорта	Особенности использования и тенденции поставок
20. Ванадий	96% В 2019 г. на единственном руднике в США ванадий был побочным продуктом добычи урана. Зависимость от импорта высока, и Китай производит чуть более половины добываемого в мире ванадия	Объем производства ванадия в США варьируется и в период с 2013 по 2018 год был нулевым, хотя продукты ванадия на последующих этапах производства производились внутри страны с использованием импортного сырья
21. Мышьяк	100% США полностью зависят от импорта. Основными источниками импорта триоксида мышьяка являются Китай и Марокко. Основным источником импорта пластин из металла и арсенида галлия является Китай	США не производили триоксид мышьяка или металл в течение десятилетий. Мировое производство сокращается из-за снижения спроса, в частности, в сфере обработки древесины
22. Церий	100% Церий добывается и обогащается внутри страны, но, как и в случае с другими редкоземельными элементами (РЗЭ), соединения церия производятся в основном за пределами внутренней цепочки поставок. Катализаторы и полировальные порошки, содержащие церий, отечественного производства	Доля Китая на мировом рынке добываемых редкоземельных соединений за последние 5 лет снизилась, но по-прежнему составляет более 50%. Производство оксида церия в США в последнее десятилетие происходило sporadически
23. Цезий	100% Цезий не производится внутри страны. Данных о торговле или глобальном производстве цезия нет	Тенденции трудно установить на этом очень маленьком и непрозрачном рынке
24. Диспрозий	100% Лишь небольшое количество диспрозия содержится в рудах, добываемых в США. За исключением некоторой переработки, соединения диспрозия и металл производятся в основном за пределами внутренней цепочки поставок	Доля Китая на мировом рынке добываемых соединений редкоземельных элементов за последние 5 лет уменьшилась, но все еще превышает 50%. Доля Китая на рынке тяжелых РЗЭ, таких как диспрозий, стабильно превышает 80%
25. Эрбий	100% Этот РЗЭ не производится в больших количествах в мире и почти исключительно перерабатывается в Китае	Новые рудники начали производство в течение последнего десятилетия, но в основном сосредоточены в Китае
26. Европий	100% Этот РЗЭ не производится в больших количествах в мире и почти исключительно перерабатывается в Китае	Новые рудники начали производство в течение последнего десятилетия, но в основном сосредоточены в Китае
27. Плавиковый шпат	100% Плавиковый шпат металлургического качества производится в ограниченных количествах внутри страны, но США полностью зависят от импортного плавикового шпата кислого качества	Большая часть импорта поступает из Мексики, а не из Китая, основного мирового производителя
28. Гадолиний	100% Этот РЗЭ не производится в больших количествах в мире и почти исключительно перерабатывается в Китае	Новые рудники начали производство в течение последнего десятилетия, но в основном сосредоточены в Китае
29. Галлий	100% США полностью зависят от поставок первичного галлия из-за рубежа и в основном из одной страны, Китая. Импорт пластин из арсенида галлия также значителен и в основном из Китая	За последнее десятилетие аффинаж галлия сосредоточился в одной стране – Китае. Спрос на галлий в пластинах для электроники расширился и вырос
30. Графит	100% США полностью зависят от иностранных источников природного графита, особенно Китая	Китай добывает примерно 75% природного графита в мире, обладает крупнейшими мировыми запасами. Крупные графитовые проекты наращивали производство на Мадагаскаре, в Мозамбике и Танзании
31. Гольмий	100% Этот РЗЭ не производится в больших количествах в мире и почти исключительно перерабатывается в Китае	Новые рудники начали производство в течение последнего десятилетия, но в основном сосредоточены в Китае
32. Индий	100% В США нет собственного производства Индия, Китай и Южная Корея вместе производят более двух третей рафинированного индия	Китай остается крупнейшим производителем индия в последнее десятилетие, в то время как Южная Корея увеличивает производство индия. На Канаду приходится четверть импорта этого материала в США
33. Лантан	100% Лантан добывается и обогащается внутри страны, но, как и другие РЗЭ, соединения лантана производятся в основном за пределами США. Каталитические соединения, содержащие лантан, произведены внутри страны	Доля Китая на мировом рынке соединений лантана уменьшилась за последние 5 лет, но все еще больше, чем 50%
34. Лютеций	100% Этот РЗЭ не производится в больших количествах в мире и почти исключительно перерабатывается в Китае	Новые рудники начали производство в течение последнего десятилетия, но в основном сосредоточены в Китае



Вид минерального сырья	Зависимость от импорта	Особенности использования и тенденции поставок
35. Марганец	100% США не занимаются добычей марганцевой руды в промышленных масштабах и импортируют ее для переработки и производства стали. Большая часть марганца ввозится в США в различных формах из африканских стран. Китай – ведущий мировой производитель электролитического металлического марганца	Мировое производство марганца в целом имеет восходящий тренд
36. Неодим	100% Неодим добывается и его концентрат производится внутри страны, но, как и в случае с другими РЗЭ, обогащается за пределами США. Для NdFeB магнитов поставка спеченных магнитных блоков зависит от импорта	Доля Китая на рынке добываемых редкоземельных металлов уменьшилась за последние 5 лет, но до сих пор выше 50%. Производство неодима за пределами Китая выросло
37. Ниобий	100% США полностью зависят от импортного первичного ниобиевого сырья, а также оксида ниобия. Бразилия и Канада, вместе взятые, производят 98% мирового ниобия	Новые стандарты прочности арматурного стержня (арматуры), внедренные Китаем в 2018 г., привели к увеличению спроса на ниобий как микролегирующий заменитель ванадия в высокопрочной арматуре. Спрос на ниобий, как ожидается, увеличится по мере того как развивающиеся страны будут создавать свою инфраструктуру, а развитые страны, такие как США, увеличат затраты на ее модернизацию
38. Празеодим	100% Как и другие РЗЭ, празеодим, его соединения и металл производятся в основном за пределами США. Для магнитов NdFeB, которые содержат празеодим, поставки зависят от импорта	Доля Китая на рынке добываемых редкоземельных металлов уменьшилась за последние 5 лет, но до сих пор выше 50%. Производство празеодима за пределами Китая выросло
39. Иридий	100% Хотя иридий добывается в небольших объемах в США, он не подвергается рециклированию и рафинированию. Данные по иридию широко не распространены из-за небольшого рынка	ЮАР доминирует в мире на рынке металлов платиновой группы (МПГ) в течение многих лет во многом потому, что обладает крупнейшими мировыми запасами
40. Родий	100% Родий добывается в небольших количествах на рудниках США	ЮАР доминирует в мире на рынке металлов платиновой группы (МПГ) в течение многих лет во многом потому, что обладает крупнейшими мировыми запасами
41. Рубидий	100% Рубидий не добывается внутри страны. Торговые данные по нему не отслеживаются	Тенденции трудно установить из-за очень маленького и непрозрачного рынка
42. Рутений	100% Рутений добывается в небольших количествах на рудниках США	ЮАР доминирует в мире на рынке металлов платиновой группы (МПГ) в течение многих лет во многом потому, что обладает крупнейшими мировыми запасами
43. Самарий	100% Только небольшое количество самария содержится в рудах, добываемых в США. Никакие соединения или металл в стране не производятся. Самариево-кобальтовые (SmCo) магниты производятся внутри страны, но требуется импортный самариевый сплав, в основном из Китая	Доля Китая на рынке добываемых редкоземельных металлов уменьшилась за последние 5 лет, но до сих пор выше 50%
44. Скандий	100% Скандий производится всего в нескольких странах мира, преимущественно в Китае. Торговые данные по скандию в сочетании с торговлей РЗЭ, их производством и потреблением не публикуются	Производство скандия осуществляется в основном как побочный продукт добычи других материалов. Спрос на твердые оксидные топливные элементы, использующие скандий, в мире растет
45. Тантал	100% США полностью зависят от импортного танталового сырья	Спрос на танталовые конденсаторы, как ожидается, вырастет в текущем десятилетии, в соответствии с глобальными темпами электрификации и растущим спросом на высокопроизводительные электронные компоненты в таких сферах, как электромобили и передовая телекоммуникационная инфраструктура
46. Тербий	100% Этот РЗЭ не производится в больших количествах в мире и почти исключительно перерабатывается в Китае	Новые рудники начали производство в течение последнего десятилетия, но в основном сосредоточены в Китае
47. Тулий	100% Этот РЗЭ не производится в больших количествах в мире и почти исключительно перерабатывается в Китае	Новые рудники начали производство в течение последнего десятилетия, но в основном сосредоточены в Китае

Вид минерального сырья	Зависимость от импорта	Особенности использования и тенденции поставок
48. Иттербий	100% Этот РЗЭ не производится в больших количествах в мире и почти исключительно перерабатывается в Китае	Новые рудники начали производство в течение последнего десятилетия, но в основном сосредоточены в Китае
49. Иттрий	Только небольшое количество иттрия содержится в рудах, добываемых в США. Никакие соединения или металл в стране не производятся	Доля Китая на рынке добываемых редкоземельных металлов уменьшилась за последние 5 лет. Доля Китая на рынке соединений иттрия стабильно превышает 80%
50. Цирконий	США добывают цирконий и две компании производят металлический цирконий. Но США не производит все формы циркония, некоторые из которых в основном производятся в Китае	Тенденции трудно установить из-за очень маленького и непрозрачного рынка

**Заключение**

США в значительной степени зависят от импорта большого и постоянно растущего количества полезных ископаемых и сырьевых ресурсов. Рост чистой зависимости страны от импорта (NIR) совпал с заметным увеличением страновой концентрации добычи и производства многих минеральных ресурсов, что было во многом связано с ростом горнодобывающей промышленности Китая. Список стран, из которых США осуществляют импорт, варьируется в зависимости от минерального сырья. В настоящее время Соединенные Штаты напрямую импортируют большую часть своего потребления полезных ископаемых напрямую из Китая и других стран с нерыночной экономикой.

В некоторых случаях США могут выступать чистым экспортером сырьевых ресурсов, но внутренняя цепочка поставок при этом часто привязана только к одному производителю, а чистый экспорт может уменьшаться с течением времени и превращаться в чистый импорт. Текущая конфигурация цепочек поставок является результатом десятилетних тенденций в геологоразведке ресурсов, технологических разработок, процесса адаптации к рынку и оптимизации цен. В этой связи США разрабатывают различные стратегии уменьшения зависимости от импорта и снижения риска поставок, включая те, которые увеличивают предложение (например, более глубокое рециклирование), и те, которые снижают спрос, (например, разработка материалов-заменителей).

**Список литературы / References**

- Goudy S. A “Made in America” Supply Chain for Critical Minerals. Environmental, Mining & Natural Resources, Rulemaking & Policy Development. March 7, 2022. Available at: <https://www.freshlawblog.com/2022/03/07/a-made-in-america-supply-chain-for-critical-minerals/>
- Nassar N.T., Brainard J., Gulley A., Manley R., Matos G., Lederer G. et al. Evaluating the mineral commodity supply risk of the U.S. manufacturing sector. *Science Advances*. 2020;6(8):eaay8647. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay8647>
- Fortier S.M., Nassar N.T., Lederer G.W., Brainard J., Gambogi J., McCullough E.A. Draft critical mineral list – Summary of methodology and background information – U.S. Geological Survey technical input document in response to Secretarial Order No. 3359: Reston, VA, U.S. Geological Survey; 2018. 15 p. <https://doi.org/10.3133/ofr20181021>
- Gulley A.L., McCullough E.A., Shedd K.B. China’s domestic and foreign influence in the global cobalt supply chain. *Resources Policy*. 2019;62:317–323. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.03.015>
- Gulley A.L., Nassar N.T., Xun S. China, the United States, and competition for resources that enable emerging technologies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2018;115(16):4111–4115. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717152115>
- Nassar N.T. Limitations to elemental substitution as exemplified by the platinum-group metals. *Green Chemistry*. 2015;17:2226–2235. <https://doi.org/10.1039/C4GC02197E>
- Elshkaki A., Graedel T.E. Dysprosium, the balance problem, and wind power technology. *Applied Energy*. 2014;136:548–559. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.064>
- Alonso E., Gregory J., Field F., Kirchain R. Material Availability and the Supply Chain—Risks, Effects, and Responses. *Environmental Science & Technology*. 2007;41(19):6649–6656. <https://doi.org/10.1021/es070159c>
- Mancheri, N., Sundaresan, L., Chandrashekar, S. Dominating the world: China and the rare earth industry. International Strategic and Security Studies Programme. September 26, 2013. Available at: <http://issp.in/dominating-the-world-china-and-the-rare-earth-industry/>

**Информация об авторе**

**Кондратьев Владимир Борисович** – доктор экономических наук, профессор, руководитель Центра промышленных и инвестиционных исследований Национального исследовательского института мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: v.b.kondr@imemo.ru

**Information about the author**

**Vladimir B. Kondratiev** – Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head of Center for Industrial and Investment Research, Institute of World Economy and International Relations of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; e-mail: v.b.kondr@imemo.ru

**Article info**

Received: 12.08.2022  
 Revised: 05.09.2022  
 Accepted: 06.09.2022

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 12.08.2022  
 Поступила после рецензирования: 05.09.2022  
 Принята к публикации: 06.09.2022